



中国焊接协会团体标准

T/CWAN 0016—2020

铁路车辆用铁素体不锈钢及耐大气腐蚀钢焊接工艺评定规范

Specification for welding procedure qualification of ferritic stainless steel and atmospheric corrosion resistant steel for railway vehicles

2020-03-09 发布

2020-04-06 实施

中国焊接协会发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 试件制备.....	1
4 试验要求.....	1
5 评定范围.....	7
附录 A（资料性附录）焊接工艺评定报告推荐格式.....	8

全国团体标准信息平台

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国焊接协会提出并归口。

本标准起草单位：中冶建筑研究总院有限公司、天津大桥焊材集团有限公司、北京金威焊材有限公司、鞍钢联众（广州）不锈钢有限公司、福建省特种设备检验研究院、哈尔滨焊接研究院有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车齐齐哈尔车辆有限公司、中车株洲车辆有限公司、山西太钢不锈钢股份有限公司、宝鸡中车时代工程机械有限公司、哈尔滨威尔焊接有限责任公司。

本标准起草人：李伟、张熹、王立志、高英斌，孙明辉、孙静涛、韩晓辉、方乃文、张维成、贾玉力、马清波、武永亮、柳阳、李继耀、赵宝、杨义成、徐亦楠。

铁路车辆用铁素体不锈钢及耐大气腐蚀钢焊接工艺评定规范

1 范围

本标准规定了铁路车辆用铁素体不锈钢及耐大气腐蚀钢的焊接工艺评定相关的试件制备、焊接、检验及试验等。

本标准适用于铁路车辆用铁素体不锈钢及耐大气腐蚀钢对接焊缝及角焊缝的焊接工艺评定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法 (GB/T 2650—2008, ISO 9016:2001, IDT)

GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法 (GB/T 2651—2008, ISO 4136:2001, IDT)

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法 (GB/T 2653—2008, ISO 5173:2000, IDT)

GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法 (GB/T 2654—2008, ISO 9015-1:2001, IDT)

GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相

GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法 (GB/T 4334—2008, ISO 3651-1:1998 & ISO 3651-2: 1998, MOD)

GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验焊缝宏观和微观检验 (GB/T 26955—2008, ISO 9015-1:2001, IDT)

GB/T 32259 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测 (GB/T 32259—2015, ISO 17637:2003, MOD)

TB/T 1979-2014 铁道车辆用耐大气腐蚀钢

TB/T 3462-2016 铁道货车用不锈钢钢板(带)

3 试件制备

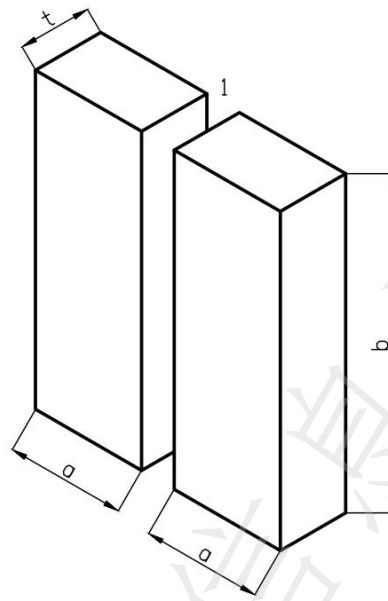
3.1 试验用铁素体不锈钢应满足TB/T 3462相关规定、耐大气腐蚀钢(以下简称耐候钢)应满足TB/T 1979相关规定。

3.2 对接焊缝的焊接工艺评定采用对接接头进行试验;角焊缝的焊接工艺评定采用T形接头进行试验。试件的制作应满足全部试验所需,可根据需要制作一个或多个标准试件进行评定。其中对接接头试板尺寸要求见图1, T型接头试板尺寸要求见图2。

4 试验要求

4.1 试验内容

试件的检验与试验要求项目见表1。若特殊的使用条件、材料及生产条件所需的试验可能比本标准规定更复杂,则由供需双方协商确定补充试验项目。



注：

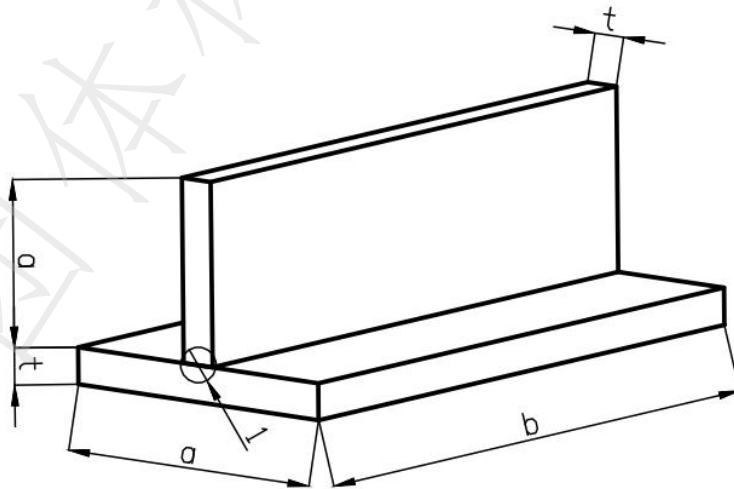
1: 接头按预焊接工艺规程 (pWPS) 准备；

a: 最小值为150 mm；

b: 最小值为350 mm，当采用纵向弯曲试验时最小值为500 mm；

t: 材料厚度。

图1 对接接头试板



注：

1: 接头按预焊接工艺规程 (pWPS) 准备；

a: 最小值为150 mm；

b: 最小值为300 mm；

t: 材料厚度。

图2 T形接头试板

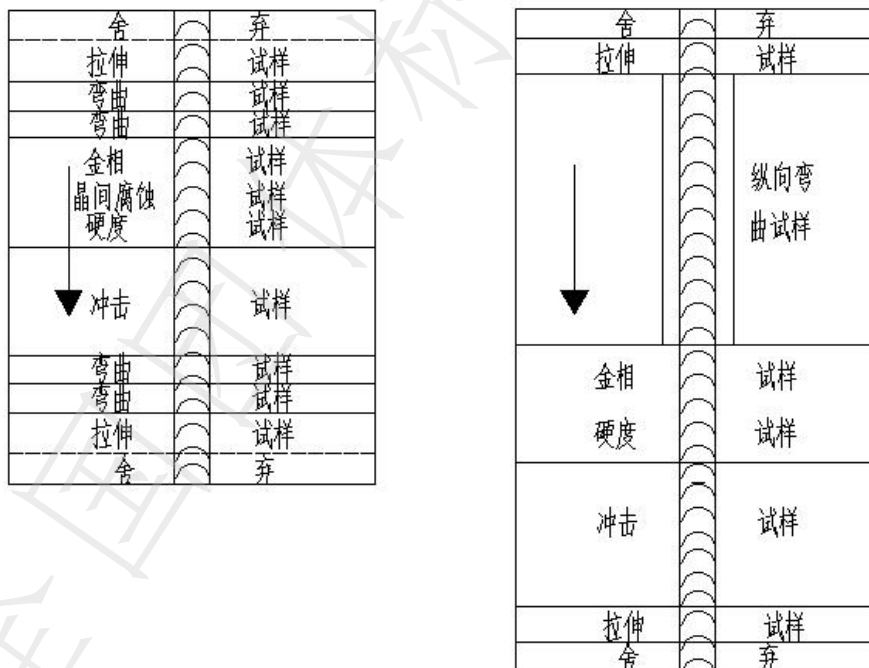
表1 试件的检验与试验

试件	试验种类	试验比例或数量	备注
对接接头	外观检验	100%	-
	射线探伤	100%	-
	拉伸试验	2	-
	弯曲试验	4	a
	冲击试验	9	b
	硬度试验	1	c
	宏观检验	1	-
	晶间腐蚀试验	2	d
	T形接头	外观检验	100%
射线探伤		100%	-
硬度试验		1	-
宏观检验		1	-

a 根据试件厚度选取弯曲形式，详见4.4.2；
b 当耐候钢与铁素体不锈钢对接时，仅在铁素体不锈钢侧取样；
c 当耐候钢与铁素体不锈钢对接时，焊缝中心两侧都应进行硬度试验；
d 仅铁素体不锈钢对接时有此项试验要求。

4.2 试样的取样要求

- 4.2.1 对接接头试样按图3要求取样、T形接头试样按图4要求取样；
4.2.2 试样的取样应在所有的非破坏性试验合格后进行；
4.2.3 试样的取样位置应参照无损检测结果进行取样并避开缺陷位置。

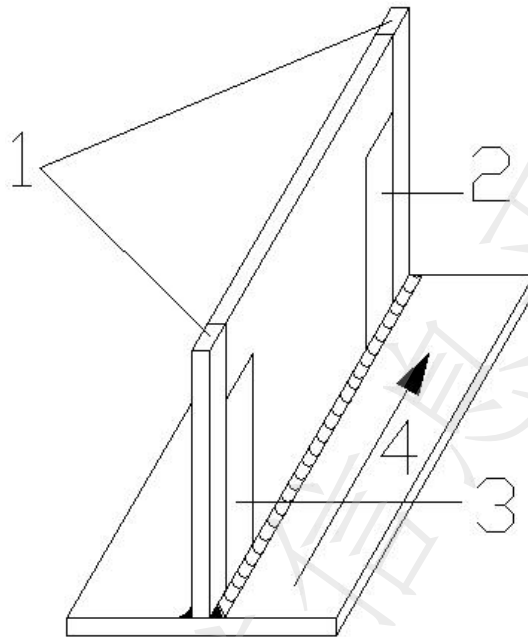


a) 同质材料对接接头取样示意图

b) 异质材料对接接头取样示意图

图注：舍弃区域不得低于25mm

图3 对接接头取样位置



图注:

- 1 废弃区域不得小于25 mm;
- 2 此区域可取: 1个金相试样;
- 3 此区域可取: 1个硬度试样;
- 4 焊接方向;

图4 T形接头取样位置

4.3 非破坏性试验

4.3.1 焊接工艺规程中规定的焊后热处理应在非破坏性试验前完成。

4.3.2 其中外观检测按照GB/T 32259执行、射线探伤按照GB/T 3323执行，其验收等级按预焊接工艺评定适用的产品质量要求执行。

4.4 破坏性试验

4.4.1 拉伸试验

4.4.1.1 试样的焊缝余高应以机械方法去除，使之与母材齐平；

4.4.1.2 拉伸试样尺寸及拉伸试验应按照GB/T 2651规定进行，试样厚度一般应与焊接接头处母材的厚度相等，参见图5a)。当相关要求进行全厚度（厚度超过30mm）试验时，可从接头截取若干试样覆盖整个厚度，参见图5b)。这种情况下，试样相对接头厚度的位置应做记录；

4.4.1.3 每个（片）试样的抗拉强度不得小于母材标准规定试板厚度下的抗拉强度下限值；

4.4.1.4 当试样为异种金属焊接接头时，每个（片）试样的抗拉强度不得小于母材标准规定试板厚度下的抗拉强度下限值。

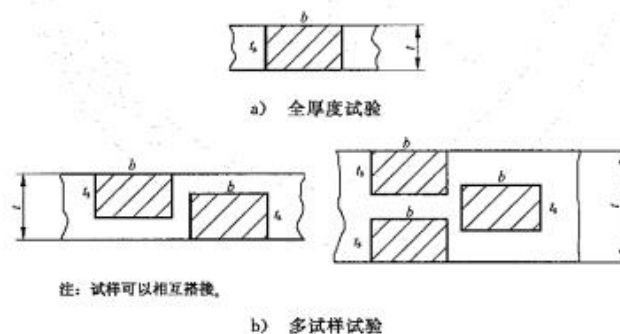


图 5 试样厚度要求示意图

4.4.2 弯曲试验

4.4.2.1 试样的焊缝余高应以机械方法去除，面弯、背弯试样的拉伸表面应加工齐平，试样受拉伸表面不得有划痕和损伤。

4.4.2.2 弯曲试验方法应按照GB/T 2653规定进行。

4.4.2.3 同质材料对接焊时，若母材厚度 $<12\text{ mm}$ ，应进行面弯和背弯试验各两件；若厚度 $\geq 12\text{ mm}$ ，则可使用4个侧弯代替2个正弯和2个背弯试验；异种材料对接接头可由1个纵向正弯或背弯代替。

4.4.2.4 弯头（或内辊）的直径 D 应为试样厚度 t 的4倍，即 $D=4t$ ，弯曲角度为 180° ；

4.4.2.5 试验过程中，弯曲试样不应在任何位置出现 $>3\text{ mm}$ 的裂纹，但在试样边角出现的裂纹可以不予考虑。

4.4.3 宏观金相试验

4.4.3.1 试样应按照GB/T 26955 有关规定执行。试验用的试样应经适当的切割、镶嵌、研磨和侵蚀等方式制备，这些制备过程不应使试件测试面产生有害的影响。

4.4.3.2 宏观金相试验的范围应该包括未受影响的母材、焊缝、焊缝两侧的热影响区及熔合线，并且每批工艺试验至少要保留1个宏观金相试件存档。

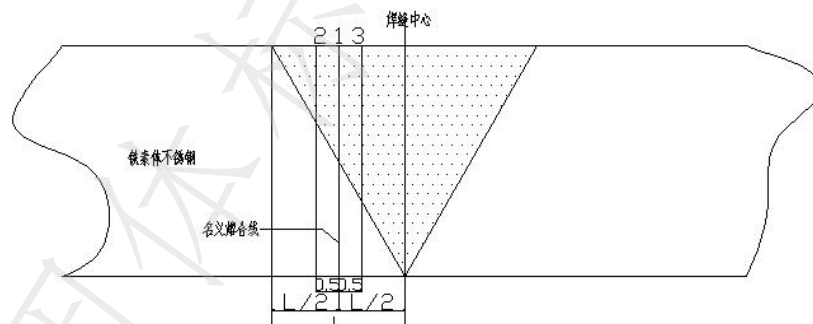
4.4.3.3 宏观金相试验的检验结果应满足焊接工艺评定适用的产品质量要求。

4.4.4 冲击试验

4.4.4.1 接头冲击试验应按GB/T 2650规定执行。

4.4.4.2 母材公称厚度 $\geq 6\text{ mm}$ 时应进行冲击试验。冲击试验试样的取样位置按图6。

4.4.4.3 铁素体不锈钢侧冲击试样的轴线位于厚度 $1/4$ 处，试样缺口轴线三个位置为试样纵轴线与熔合线交点的距离分别为0及左右各 0.5 mm ，每个位置取3个试样。标准试样尺寸为 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 55\text{ mm}$ ，试验温度为 -40°C ，冲击吸收能量平均值应不低于 30 J ，……当公称厚度 $\leq 10\text{ mm}$ 时，可采用 $7.5\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 55\text{ mm}$ 或 $5\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 55\text{ mm}$ 的小尺寸试样进行试验，其冲击吸收能量平均值不小于标准试样规定冲击吸收能量平均值的75%或50%，也只允许一个数值低于相应的规定值。



图注：

- 1 铁素体不锈钢侧焊缝名义熔合线；
- 2 焊缝名义熔合线向铁素体不锈钢热影响区侧 0.5 mm ；
- 3 焊缝名义熔合线向焊缝中心侧 0.5 mm ；
- L 为焊缝中心线到焊缝边缘的距离；

图 6 冲击试样取样位置示意图

4.4.5 硬度试验

4.4.5.1 显微硬度试验应按照GB/T 2654焊接接头硬度试验方法执行；试件横截面应通过机械切割获取，应垂直于焊接接头，且试件表面的制备过程应正确进行以保障硬度测量没有收到冶金因素的影响。

4.4.5.2 被检测表面制备完成后应进行适当的腐蚀，以便确定焊接接头不同区域的硬度测量位置。

4.4.5.3 为了测量和记录焊接接头的硬度分布范围，压痕应分布在焊缝、热影响区和母材上。

a) 对接接头：厚度小于（或等于） 5 mm 的材料，应在距离表面约 2 mm 处打1排压痕，厚度超过 5 mm 的材料，应在距离焊接接头的上、下表面约 2 mm 处各打1排压痕。每排压痕应至少包含焊缝、热影响区、母材等3个区域，每个区域点数至少为3个，硬度打点示意图见图6。

b) T形接头：应在距离各表面约 2 mm 处及两侧焊缝熔合线处各打1排压痕，示意图见图7所示。

- c) 热影响区内的第1个压痕应尽可能地靠近熔合线。
- 4.4.5.4 当异质材料焊接时，应分别对两侧进行硬度试验。
- 4.4.5.5 硬度试验的检验结果应满足焊接工艺评定适用的产品质量要求。

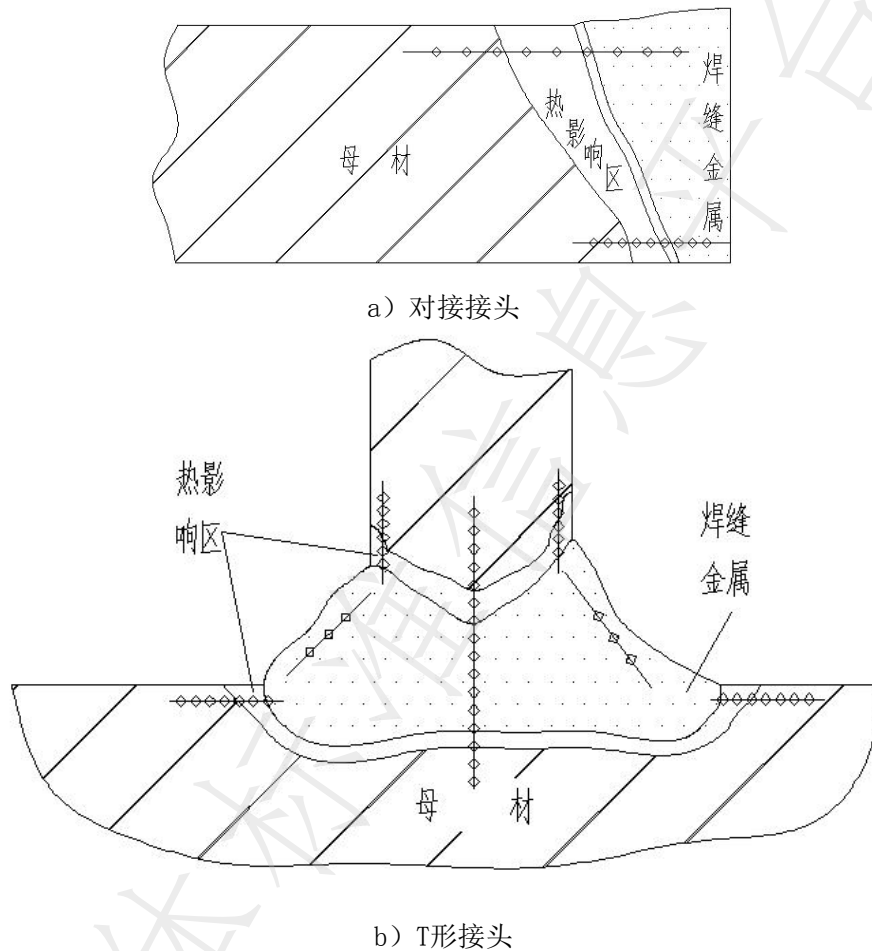


图7 焊接接头硬度打点示意图

4.4.6 晶间腐蚀试验

- 4.4.6.1 晶间腐蚀试验检验的面为使用表面，应包括母材、热影响区以及焊缝金属的表面。
- 4.4.6.2 试样的取样原则上用锯切，如用剪切方法应通过切削或研磨的方法除去剪切的影响部分。当试件表面有氧化皮时，要通过切削或研磨除掉。表面磨制过程中应防止表面过热，加工后的表面粗糙度Ra值不大于 $0.8\mu\text{m}$ 。
- 4.4.6.3 晶间腐蚀试样尺寸、取样位置及试验应按照GB/T 4334执行，采用方法E-不锈钢硫酸-硫酸铜腐蚀试验方法进行试验，硫酸浓度调整至0.5%。

4.5 复验

- 4.5.1 如果试件的外观检验及非破坏性检验不符合要求，应再取1个试样进行焊接，并进行同样的试验，若仍不符合要求，则此工艺评定失败。
- 4.5.2 如果任何试样仅仅由于焊接缺陷造成不符合4.4规定的破坏性试验的要求，对于每一个不合格的试件应取两个附加试样进行复验，附加试样可从同一个试件上切取或者重新焊接一个试样切取。
- 4.5.3 每个附加试样应与不合格的初始试样进行相同的试验，如果任何一个附加试样不符合要求，则此工艺评定失败。

4.5.4 对于冲击试验,如果每组试样的冲击吸收能量中仅有1个低于规定值70%,则应在同位置再取一组试样进行复验,前后两组6个试样的冲击吸收能量平均值不应低于规定值,允许有2个试样小于规定值,但其中小于规定值70%的只允许有1个,否则此工艺评定失败。

5 评定范围

5.1 概述

本条规定了焊接工艺评定的覆盖范围,超出评定范围变化时应重新进行焊接工艺评定试验。

5.2 制造商

5.2.1 制造商按本标准通过焊接工艺评定试验评定合格的预焊接工艺规程,适用于该制造商在相同技术和质量控制的车间及现场的焊接。

5.2.2 相同的技术和质量控制条件是指实施焊接工艺评定时所采用的的技术及质量控制条件。

5.3 母材

5.3.1 母材厚度

5.3.1.1 对接接头

对接接头的母材厚度覆盖范围参照表2执行,其中试件的厚度 t 为母材的厚度。

表2 对接接头母材厚度覆盖范围

单位:mm

试件的厚度 t	覆盖范围	
	单道焊	多道焊
$t \leq 3$	0.7~1.3 t	0.7~2 t
$3 < t \leq 6$	3~1.3 t	3~2 t
$6 < t \leq 20$	0.5 t ~1.1 t	0.5 t ~2 t
$t > 20$	不适用	0.5 t ~2 t

5.3.1.2 T型接头

T型接头的材料厚度及焊缝厚度覆盖范围按照表3执行。

表3 角焊缝的材料厚度和焊缝厚度的覆盖范围

单位:mm

焊件厚度 t	覆盖范围		
	材料厚度	焊缝厚度	
		单道焊	多道焊
$t \leq 3$	0.7 t ~2 t	0.75 a ~1.5 a	无限制
$3 < t \leq 30$	0.5 t (最小3) ~2 t	0.75 a ~1.5 a	无限制
$30 < t \leq 100$	≥ 5	a	无限制

注1 a 是试件焊缝厚度,以熔敷金属的有效厚度为准。
注2 焊缝的有效厚度必须通过一个焊接工艺试验单独证明

附录 A
(资料性附录)

焊接工艺评定报告推荐格式

A.1 表 A.1 及表 A.2 为焊接工艺评定报告推荐格式，可根据实际需要参照拟定。

表 A.1 预焊接工艺指导书 (pWPS)

单位名称: _____		日期: _____								
预焊接工艺指导书编号: _____		所依据焊接工艺评定报告编号: _____								
焊接方法: _____		机械化程度 (手工, 半自动, 自动): _____								
焊接接头: _____ 坡口形式: _____ 衬垫: (材料及规格): _____ 其他: _____	简图 (接头形式, 坡口形式与尺寸, 焊层, 焊道布置及顺序)									
母材: 母材 1 标准号: _____ 牌号: _____ 制造方名称: _____ 质量证明书编号: _____ 母材 2 标准号: _____ 牌号: _____ 制造方名称: _____ 质量证明书编号: _____										
填充金属材料										
焊材种类:	焊丝	焊条								
焊材标准:										
填充金属尺寸:										
焊材型号:										
焊材牌号 (金属材料代号):										
其他										
填充金属化学成分 (%)										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Nb
其他:										

表 A.1 (续)

焊接位置： 对接焊缝的位置： _____ 立焊的焊接方向：(向上、向下) _____ 角焊缝位置： _____ 立焊的焊接方向：(向上、向下) _____		焊后热处理 保温温度(℃) _____ 保温时间范围(h) _____																	
预热： 最小预热温度(℃)： _____ 最大道间温度(℃)： _____ 保持预热时间： _____ 加热方式： _____		气体： <table border="1"> <thead> <tr> <th>气体种类</th> <th>纯度</th> <th>流量(L/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>保护气体</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>尾部保护气</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>背面保护气</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>						气体种类	纯度	流量(L/min)	保护气体	_____	_____	尾部保护气	_____	_____	背面保护气	_____	_____
气体种类	纯度	流量(L/min)																	
保护气体	_____	_____																	
尾部保护气	_____	_____																	
背面保护气	_____	_____																	
电特性： 电流种类： _____ 极性： _____ 焊接电流范围(A) _____ 电弧电压(V) _____ 钨极类型及直径： _____ 喷嘴直径(mm)： _____ 焊接电弧种类： _____ 焊丝送进速度(cm/min)： _____ (按所焊接位置和厚度分别列出电流和电压范围，记录下表)																			
焊道/ 焊层	焊 接 方法	填充材料		焊接电流		电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)	线能量 (KJ/cm)											
		牌号	直径 mm	极性	电流 (A)														
技术措施： 摆动焊或不摆动焊： _____ 摆动参数： _____ 焊前清理和层间清理： _____ 背面清根方法： _____ 单道焊或多道焊(每面)： _____ 单焊丝或多焊丝： _____ 导电嘴至工件距离(mm)： _____ 锤击： _____ 其他： _____																			
编制		日期	审核		日期	批准		日期											

表 A.2 焊接工艺评定报告 (PQR)

单位名称: _____	
焊接工艺评定报告编号: _____	预焊接工艺指导书编号: _____
焊接方法: _____	机械化程度 (手工, 半自动, 自动): _____
简图: (坡口形式, 尺寸, 衬垫, 每种焊接方法或焊接工艺, 焊缝金属厚度)	
母材:	焊后热处理:
母材 1 标准: _____	温度范围: (C) _____
母材 1 牌号: _____	温度时间: (h) _____
母材 1 厚度: _____	保护气体:
母材 2 标准: _____	气体 混合比 流量 (L/min)
母材 2 牌号: _____	保护气体 _____
母材 2 厚度: _____	尾部保护气体 _____
其他: _____	背面保护气体 _____
填充金属:	焊接位置:
焊材种类: _____	对接焊缝位置: _____ 方向: (向上、向下) _____
焊材标准: _____	角焊缝位置: _____ 方向: (向上、向下) _____
焊材型号: _____	预热:
焊材牌号: _____	预热温度: (°C) _____
焊材规格: _____	道间温度: (°C) _____
焊缝金属厚度: _____	其他: _____
其他: _____	
电特性:	技术措施:
电流种类: _____	焊接速度 (cm/min): _____
极性: _____	摆动或不摆动: _____
钨极尺寸: _____	摆动参数: _____
焊接电流 (A): _____	多道焊或单道焊 (单面): _____
电弧电压 (V): _____	多丝焊或单丝焊: _____
焊接电弧种类: _____	其他: _____
其他: _____	

表 A.2 (续)

试件检验记录

外观检验:		检验报告编号: _____					
试件编号: _____		检验结果: _____					
无损检测:		检测报告编号: _____					
试件编号: _____		评定标准: _____					
检测方法: _____		检测结果: _____					
拉伸试验							试验报告编号: _____
试样编号	试样宽度 (mm)	试样厚度 (mm)	横截面积 (mm ²)	断裂载荷 (kN)	抗拉强度 (Mpa)	断裂部位和特征	试验结果
弯曲试验							试验报告编号: _____
试验编号	试验类型	试样宽度 (mm)	试样厚度 (mm)	弯心直径 (mm)	弯曲角度 (°)	试验结果	
冲击试验							试验报告编号: / _____
试样编号	试样尺寸 (mm)	夏比 V 型缺口 位置	试验温度 (°C)	冲击吸收功 (J)	平均值 (J)	试验结果	
金相检验:		检验报告编号: _____					
试件编号: _____		检验标准: _____					
检验目的: _____		检验结果: _____					

表 A.2 (续)

晶间腐蚀试验:		试验报告编号: _____			
试件编号: _____		试验标准: _____			
试验结果: _____					
硬度试验:		试验报告编号: _____			
试件编号: _____		试验标准: _____			
试验结果: _____					
附加说明:					
结论:					
评定结果: _____ (合格、不合格)					
适用范围:					
焊接方法		适用母材		填充金属	
母材厚度及焊缝 金属厚度范围					
焊工姓名		焊工代号		施焊日期	
编制		审核		批准	
日期		日期		日期	
第三方检验					
备注:					